



# 혈관 질환에 대한 다중검출기전산화단층촬영술의 적용

## MDCT Application in the Vascular System

용 환 석 | 고려의대 영상의학과 | Hwan Seok Yong, MD

Department of Radiology, Korea University College of Medicine

E-mail : yhwanseok@naver.com

J Korean Med Assoc 2007; 50(1): 25 - 32

### | Abstract |

Helical CT has improved with faster gantry rotation, more powerful X-ray tubes, and improved interpolation algorithms; however, the greatest advance has been made by the recent introduction of multi detector-row computed tomography (MDCT) scanners. Fundamental advantages of MDCT include substantially shorter acquisition times, retrospective creation of thinner or thicker sections from the same raw data, and improved three-dimensional (3-D) rendering with diminished helical artifacts. While these features will likely be important to many applications of CT scanning, the greatest impact has been on CT angiography. The advantages of MDCT over single detector-row CT scanners when imaging the vascular system can be broken down into three fundamental improvements, that is, speed (faster scan time), distance (longer coverage), and section thickness (better resolution). This article will focus on how the MDCT technology has substantially improved imaging of the vascular system, including pulmonary artery, aorta and extremity vessels.

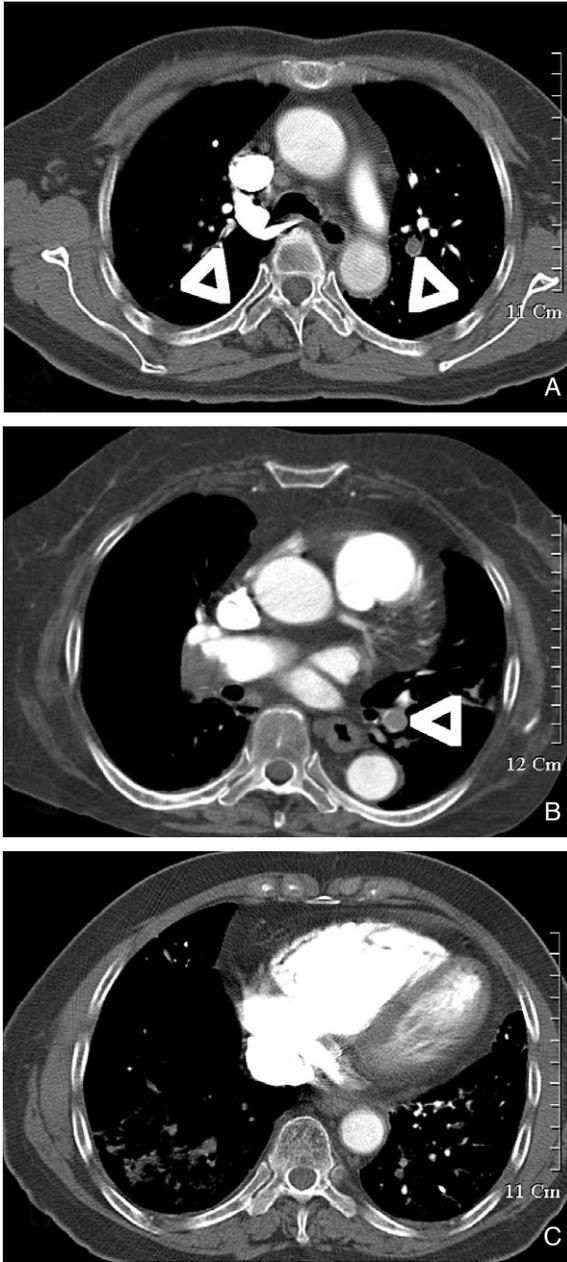
**Keywords :** Multi detector-row CT; CT angiography; CT venography

**핵심용어 :** 다중검출기전산화단층촬영술; CT 혈관촬영술; CT정맥촬영술

### 서론

**혈**관 계통의 영상진단에는 오랜기간 침습적 혈관촬영술이 사용되었다. 그 외에도 Doppler 초음파 등이 혈류검사에 이용된다. Doppler 초음파검사는 비침습적으로 혈류역학적 정보를 제공하지만 초음파 창 등의 문제로 제한적으로 사용될 수 밖에 없다. CT를 이용한

혈관의 영상검사는 이미 오래 전부터 시행되어 왔으나 다중검출기전산화단층촬영술(multi detector-row computed tomography, MDCT)의 등장으로 진단적 정확도가 향상되어 임상응용의 폭이 빠른 속도로 증가하고 있다. MDCT는 갠트리의 회전속도가 빠르고 각 회전당 다중나선획득을 동시에 하므로 결과적으로 영상획득시간이 짧고, 한번에 스캔할 수 있는 장축 용적이 증가되었



**Figure 1.** CT pulmonary angiography

Pulmonary emboli are seen in left pulmonary, lobar, and segmental pulmonary arteries (A, B). Obstructed and enlarged subsegmental pulmonary arteries are seen in right lower lobe (C). Pulmonary arterial hypertension is suggested because contrast material is refluxed into azygos vein and inferior vena cava and right ventricle is enlarged

고, 사용되는 조영제의 양이 감소되었으며, 공간해상도가 향상되어 더욱 작은 혈관도 평가할 수 있게 되었다(1). 이러한 비침습적인 혈관 영상검사가 기존의 침습적 혈관촬영술을 대체하고 있으며 실제로 많은 병원에서 진단 목적의 침습적 혈관촬영술이 거의 시행되지 않고 있다. 이에 MDCT를 이용한 다양한 질환의 진단과 임상적 응용에 대하여 알아보하고자 한다.

## CT 혈관촬영술의 기술적 고려사항

### 1. 검출기 열의 수

MDCT의 발전은 검출기의 발전이라고 할 수 있다. 심장 영상의 경우 더 많은 검출기 열과 더 빠른 갱트리 회전 속도를 가진 장비가 좋다는 것에는 의문의 여지가 없다. 그러나 심장 이외의 다른 부위의 검사에서 16열 또는 64열 CT가 4열이나 8열 CT에 비해 뚜렷한 장점을 가진다고 말하기 어렵다. 따라서 임상적인 검사목표에 따라 적절한 정도의 기기를 선택해야 한다.

### 2. 스캔 시간

CT 혈관촬영술은 강하고 균등한 동맥 조영증강과 최소한의 정맥 조영증강이 요구되기 때문에 스캔 시간을 30초 이내로 하는 것이 좋다. 특히 대동맥과 같이 호흡에 의한 인공물이 발생하는 부위는 스캔 시간이 짧을수록 좋다. 그러나 하지는 물론이고 하복부나 골반강의 경우에도 호흡에 의한 장애는 무시할만 하다. 오히려 하지의 경우 스캔 시간이 너무 빠르면 말단부위 혈관에 조영제가 차기 전에 스캔하는 기술적 오류를 범할 수도 있다(1).

### 3. 절편 두께

영상재구성을 위해 어떤 절편두께를 사용할 것인가는 매우 중요한 문제이다. 횡축과 종축의 해상도가 같은 진정한 등방성 화소를 위해서는 1mm 이하의 절편두께가



**Figure 2.** CT aortography. On 3D volume rendered image, atherosclerotic aortic aneurysm is seen on proximal descending thoracic aorta. Diffuse aortic calcification is also seen along the whole aorta

필요하다. 그러나 뇌신경계와 관상동맥을 제외하고는 2mm 내외의 절편두께가 흔히 쓰인다.

#### 4. 조영제

CT 혈관촬영술은 강하고 균일한 동맥 조영증강과 최소한의 정맥 조영증강이 요구된다. 이를 위하여 먼저 목표하는 혈관에 조영제가 나타나는 시간과 스캔 시간을 일치시켜야 하며, 쓸데없이 버려지는 조영제의 양을 최소화 하여야 한다. 조영제의 주입 후 스캔시작 시점을 결정하는 방법으로는 덩어리추적방법(bolus-tracking method)과 시험덩어리방법(test-bolus method)이 있다. 조영제 주입 후 바로 생리식염수를 주사하면 불필요하게 정맥에 남아있는 조영제를 심장으로 밀어냄으로써

사용하는 조영제의 총량을 줄일 수 있고 상행대정맥 내의 고농도 조영제에 의한 인공물을 줄일 수 있다(2).

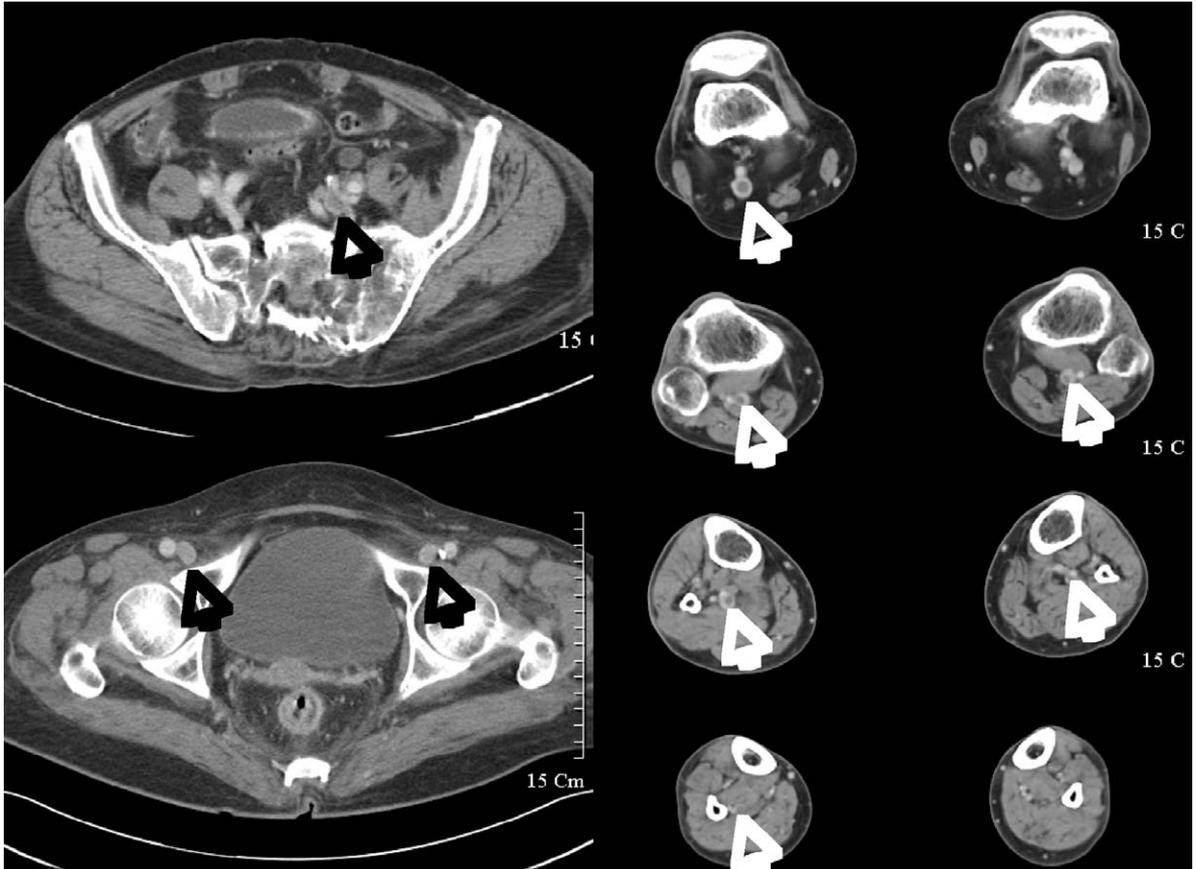
## 임상적 응용

### 1. 폐동맥

폐색전증은 다른 혈관계에서 생성된 혈전 혹은 이물에 의하여 폐동맥이 막히는 것을 말한다. 최근까지도 폐관류/환기스캔과 침습적 폐혈관촬영술, 그리고 하지정맥 초음파 등이 사용되고 있으나 CT 폐혈관촬영술로 거의 대체되고 있다(3). CT 폐혈관촬영술의 장점은 비침습적이고, 기술적으로 쉬우며, 민감도와 특이도가 90% 이상으로 정확하고, 재연성과 신뢰성이 높고, 급성/만성 색전증을 감별할 수 있으며, 증상이 유사한 폐실질 또는 종격동, 흉곽 등 다른 부위 질환의 진단이 가능하다는 점 등이다(4, 5). MDCT를 이용한 폐혈관촬영술은 1mm 내외의 종축해상도가 가능하게 되어 민감도와 특이도가 더욱 향상되었으며, 특히 분절 혹은 세분절 폐혈관의 색전까지 찾을 수 있게 되어 현재 쓰이는 다른 어떤 검사보다 높은 정확도를 보인다(6). Swensen 등은 1,512명 중 CT 폐혈관촬영술에서 음성 결과를 보인 1,010명의 환자에서 993명을 치료하지 않고 3개월간 추적 관찰한 결과 CT의 음성예측도가 99.5%라고 하였다(7).

### 2. 대동맥

대동맥 질환의 진단에는 CT, MRI, 경식도심초음파 등의 다양한 진단방법이 사용되어 왔다. 그러나 MDCT의 종축 공간분해능이 향상되어 MRI 또는 MRA의 최대장점으로 생각되어 왔던 다방향영상획득이나 3차원영상기법이 가능해졌고, 스캔 시간의 단축으로 몸통 전체를 검사하는 데 한번의 호흡정지만으로 검사가 가능하며 의식이 나빠 협조가 잘 되지 않는 환자의 검사에서도 MR에 비해 월등히 용이하다는 장점이 있다. 또한 ECG에



**Figure 3.** Indirect CT venography. Deep vein thrombosis is seen in left iliac, both femoral, right popliteal, and both peroneal veins (arrows)

동조하여 스캔하는 방법이 도입되어 대동맥 뿌리 근처의 병변을 흔들림 없이 볼 수 있게 되었고 흉부 대동맥을 검사하면서 관상동맥을 같이 검사할 수 있게 되었다(8). ECG동조 CT 대동맥촬영술의 대표적인 임상응용은 응급실에 내원한 급성 흉통 환자로 대동맥박리와 급성관상동맥증후군 그리고 폐동맥혈전증을 높은 정확도로 한번에 검사할 수 있어 진단에 소요되는 시간을 많이 줄일 수 있다(9).

대동맥벽내혈종(Intramural hematoma)와 같은 병변을 진단하기 위하여, 그리고 수술 후라면 이식편이 어디

까지 위치하여 있는가 알기 위하여 조영 전 영상이 필요하다. 단일절편 CT를 이용하던 때는 흉부와 복부를 나누어 두번 스캔하기도 하였으나 MDCT를 이용하면 한번에 전체 몸통을 스캔할 수 있다. 절편두께는 대개 2mm 정도면 충분하다. 스캔 시간이 길어지면 검사의 후반부에 환자의 호흡 정지가 잘 되지 않는 경우가 있으므로 호흡 정지 초기에 호흡운동에 민감한 흉부 대동맥 영상을 얻는다. 지연영상은 동맥벽의 변화나 대동맥 박리에서 가강(false lumen)의 느린 혈류에 의한 지연된 관류, 동맥류의 조영증강 등을 보기 위하여 시행한다. CT 대동맥촬

영술의 적응증으로는 대동맥류, 대동맥박리, 벽내혈종 등의 급성대동맥증후군이 의심되는 경우, 타카야수씨 동맥염 및 관상동맥질환의 수술 전 평가 및 판막 질환의 수술 전 평가, 대동맥 수술 후의 추적검사 등이 있다(10, 11).

### 3. 신동맥 및 정맥

신장이식을 위하여는 신동맥과 정맥의 정확한 구조를 알아야 한다. 신동맥이나 정맥이 하나 이상인 경우도 흔히 있고 정상과는 다른 경로를 취하는 경우도 있기 때문이다. CT 혈관촬영술을 이용하면 동맥의 변이를 잘 알 수 있을 뿐 아니라 침습적 동맥촬영술로 알기 어려웠던 정맥의 변이를 잘 알 수 있고 신정맥 뿐 아니라 부신정맥, 난소정맥, 그리고 허리정맥(lumbar vein)과의 연결 관계를 자세히 검사할 수 있다(12, 13). 신 실질의 변화나 종괴의 유무 등을 같이 검사할 수 있는 것은 물론이며 지연 영상을 얻어 CT 요로조영술을 할 수도 있다. 고혈압 환자 중 신혈관고혈압이 의심되는 경우 CT 혈관촬영술의 좋은 적응증이 되는데, 신동맥의 협착 유무와 더불어 고혈압의 원인이 될 수 있는 부신 또는 부신외갈색세포종(pheo-chromocytoma)의 유무를 같이 볼 수 있기 때문이다(14). 신동맥을 검사하기 위하여는 가장 가는 절편으로 영상을 얻어야 하며 동맥기 후 아주 빠른 시간에 정맥기가 오므로 빠른 지연영상이 필요하다.

### 4. 하지 동맥

골-근육 유리피판(bone-muscle free flap) 등을 위하여 종아리뼈와 일부 근육을 종아리동맥과 같이 얻는 경우가 있는데, 이 때 앞 또는 뒤 정강동맥이 작아 종아리동맥이 발의 혈류 공급을 담당하는 변이가 있거나 혈관의 동맥경화 등의 병변이 있다면 수술 전 이에 대한 정보가 필요하다. 정상 혈관은 특히 CT 혈관촬영술에서 잘 보이기 때문에 CT를 이용하여 충분한 정보를 줄 수 있다.

동맥경화 등으로 인한 동맥폐쇄가 있는 경우 CT 혈관

촬영술은 고식적인 침습적 혈관촬영술에 비하여 큰 장점을 가지고 있다. 침습적 혈관촬영술은 조영제가 주입된 혈관만 조영되기 때문에 측부순환에 의하여 공급받는 혈관은 혈관이 막히지 않았어도 조영증강 되지 않는 경우가 있다(15). 장골동맥이 막힌 경우에 카테터의 위치를 너무 낮게 잡으면 위쪽의 늑간동맥을 통한 측부순환이 대퇴동맥을 공급하고 있어도 보이지 않는 경우가 그 좋은 예이다. 역시 수술 후의 상태라면 조영 전 영상이 필요하다. 지연영상을 얻는데 이는 매우 느린 혈류로 인하여 조영제가 차지 않는 혈관을 평가하는 데 필요하며 급성 혈전색전증의 경우에 측부순환이 형성되어 있지 않기 때문에 말단부위 혈관의 개통 여부를 평가하는 데 역시 필요하다.

혈관의 선천성 기형이 원인이 되어 혈관 폐색성 증상을 일으키는 경우가 있으며 잔류좌골동맥(persistent sciatic artery), 슬와동맥포획증후군(popliteal artery entrapment syndrome) 등이 그 원인이다. CT는 혈관 뿐 아니라 주변 근육과의 위치관계를 자세히 알 수 있고 완전히 막힌 혈관도 추적하여 막히기 전의 주행을 알 수 있기 때문에 이러한 정상 해부학에서 벗어난 혈관 질환의 진단에 매우 유용하다.

### 5. 하지 정맥

심부정맥혈전증은 침습적인 상행정맥촬영술 또는 Doppler 초음파검사로 진단하였고 아직도 초음파는 심부정맥혈전증을 진단하는 중요한 도구로 사용되나 장골정맥이나 종아리의 혈전은 초음파로 진단하기 어렵다. CT 정맥촬영술은 장골정맥에서 종아리의 가는 정맥까지 모두 검사가 가능하며 더불어 혈전이 유발하는 근위부의 병변을 같이 볼 수 있어 유용하다(16). 하지 정맥의 혈전을 진단하는 데도 초음파검사를 비롯하여 현재 어떤 검사보다 정확도가 높다고 알려지고 있으며 보고자마다 약간의 차이가 있으나 민감도와 특이도를 100% 가까이 보



고하고 있어 급성심부정맥혈전증의 진단에 표준검사라고 할 수 있다. 또한 폐색전증이 의심되는 환자에서 CT 폐혈관촬영술과 함께 하지의 CT 정맥촬영술을 같이 시행하면 한번의 조영제 주입으로 폐색전의 원인이 되는 심부정맥혈전의 유무와 범위를 알 수 있어 치료방침을 결정하는 데 도움을 준다(17, 18).

하지 부종 환자에서 CT를 시행하면 심부정맥혈전의 존재 유무 뿐 아니라 주변 연조직의 영상소견을 토대로 림프수종과 봉와직염의 가능성을 제시할 수 있고 종양이나 베이커씨 낭종 파열 등 다른 원인에 의한 부종을 감별할 수 있다. 또 장골대퇴정맥과 같은 중심부 정맥 혈전의 경우 원인이 되는 해부학적 이상이 흔히 동반되므로 CT 정맥촬영술이 하지 부종 환자의 원인 질환을 찾는 데 유용하게 사용될 수 있다(19). 급성심부정맥혈전증의 경우는 순환시간이 매우 느리므로 5분 지연영상을 얻으며 조영 전 영상을 추가하고 급성기가 지난 경우는 3분 지연영상만을 얻는다.

정맥류의 진단에 CT는 아직 널리 사용되고 있지는 않다. 하지만 도플러 검사나 침습적 상행정맥촬영술을 할 경우 얻지 못하는 3차원적인 개요를 얻을 수 있는 장점이 있고 번이가 상당히 많은 하지의 정맥계 전체를 영상화할 수 있어 모든 정맥류 통로와 관통정맥을 볼 수 있다(20). CT 정맥촬영술에서 중요한 점은 하지를 엉덩이와 발뒤꿈치에서 지지하여 하지의 대부분은 CT 테이블에 닿지 않게 하는 것이 중요하다. 단순히 누워있는 것만으로는 서있는 상태에 비해 하지의 정맥 크기가 많이 줄지 않으나 아주 가벼운 압력만 있어도 정맥이 눌리기 때문이다. 조영 전 영상 없이 3분 지연영상만을 얻는다.

## 6. 상지혈관

상지의 허혈성 질환은 하지에 비하여 흔하지 않으나 혈전색전증이 생기기도 하며 버거씨 병의 경우 상지를 침범하는 경우도 종종 있다. CT 혈관촬영술로 요골동맥

과 척골동맥의 말단까지 볼 수 있어 비침습적인 혈관검사로 유용하다. 또한 혈액 투석을 위한 동정맥루를 가지고 있는 환자의 경우 근위부 병변은 초음파로 검사하기 어려우므로 인터벤션 시술 전에 근위부 정맥의 협착을 검사하기 위한 방법으로 CT를 이용할 수 있다. CT 정맥촬영술은 흉곽출구증후군이 의심되는 경우에 주변의 늑골과 근육의 관계를 잘 보여주고(21), 흉곽중심정맥폐쇄의 경우에도 고식적인 침습적정맥촬영술에 비해 정맥이 폐쇄된 정도와 범위를 더 정확하게 보여준다(22).

## 결 론

CT의 발전과 더불어 CT 혈관촬영술의 정확도는 점점 좋아지고 있어 CT를 이용한 비침습적인 혈관 영상진단의 임상적인 적용범위가 넓어지고 있다. 다양한 임상 조건에서 더 많은 응용이 개발될 것이며 이러한 다양한 임상응용에 대응하기 위하여 MDCT의 정확한 작동 원리와 3차원 재구성 기법 등을 알고 있어야 하겠다. 동맥의 질환에서 침습적인 혈관촬영술을 시행하지 않고도 CT를 이용하여 정확한 진단을 할 수 있으며 CT 정맥촬영술을 이용하여 초음파검사보다 높은 정확도로 정맥의 이상을 진단할 수 있다.

## 참고문헌

1. Rubin GD, Schmidt AJ, Logan LJ, Sofilos MC. Multi-detector row CT angiography of lower extremity arterial inflow and runoff: initial experience. *Radiology* 2001; 221: 146 - 158.
2. Schoellnast H, Tillich M, Deutschmann HA, Stessel U, Schaffler GJ, Schoellnast R, Uqqowizer MM. Improvement of parenchymal and vascular enhancement using saline flush and power injection for multiple-detector-row abdominal CT. *Eur Radiol* 2004; 14: 659 - 664.

3. Wittram C, Meehan MJ, Halpern EF, Shepard JA, McLoud TC, Thrall JH. Trends in thoracic radiology over a decade at a large academic medical center. *J Thorac Imaging* 2004; 19: 164 - 170.
4. Wittram C, Maher MM, Yoo AJ, Kalra MK, Shepard JA, McLoud TC. CT angiography of pulmonary embolism: diagnostic criteria and causes of misdiagnosis. *Radiographics* 2004; 24: 1219 - 1238.
5. Han D, Lee KS, Franquet T, Muler NL, Kim TS, Kim H, Kwon OJ, Byun HS. Thrombotic and nonthrombotic pulmonary arterial embolism: spectrum of imaging findings. *Radiographics* 2003; 23: 1521 - 1539.
6. Schoepf UJ, Costello P. CT angiography for diagnosis of pulmonary embolism: state of the art. *Radiology* 2004; 230: 329 - 337.
7. Swensen SJ, Sheedy PF 2nd, Ryu JH, Pickettdd, Schleck CD, Lstrup DM. Outcomes after withholding anticoagulation from patients with suspected acute pulmonary embolism and negative computed tomographic findings: a cohort study. *Mayo Clin Proc* 2002; 77: 130 - 138.
8. Fallenberg M, Juergens KU, Wichter T, Scheld HH, Fischbach R. Coronary artery aneurysm and type-A aortic dissection demonstrated by retrospectively ECG-gated multislice spiral CT. *Eur Radiol* 2002; 12: 201 - 204.
9. Manghat NE, Morgan-Hughes GJ, Roobottom CA. Multi-detector row computed tomography: imaging in acute aortic syndrome. *Clin Radiol* 2005; 60: 1256 - 1267.
10. Castaner E, Andreu M, Gallardo X, Mata JM, Cabezuelo MA, Pallardo Y. CT in nontraumatic acute thoracic aortic disease: typical and atypical features and complications. *Radiographics* 2003; 23: S93 - 110.
11. Sebastia C, Quiroga S, Boye R, Perez-Lafuente M, Castella E, Alvarez-Castells A. Aortic stenosis: spectrum of diseases depicted at multisection CT. *Radiographics* 2003; 23: S79 - 91.
12. Holden A, Smith A, Dukes P, Pilmore H, Yasutomi M. Assessment of 100 live potential renal donors for laparoscopic nephrectomy with multi-detector row helical CT. *Radiology* 2005; 237: 973 - 980.
13. Kawamoto S, Montgomery RA, Lawler LP, Horton KM, Fishman EK. Multi-detector row CT evaluation of living renal donors prior to laparoscopic nephrectomy. *Radiographics* 2004; 24: 453 - 466.
14. Fleischmann D. MDCT of renal and mesenteric vessels. *Eur Radiol* 2003; 13(S 5): 94 - 101.
15. Martin ML, Tay KH, Flak B. Multidetector CT angiography of the aortoiliac system and lower extremities: a prospective comparison with digital subtraction angiography. *AJR Am J Roentgenol* 2003; 180: 1085 - 1091.
16. Lim KE, Hsu WC, Hsu YY, Chu PH, Ng CJ. Deep venous thrombosis: comparison of indirect multidetector CT venography and sonography of lower extremities in 26 patients. *Clin Imaging* 2004; 28: 439 - 444.
17. Reid JH. Multislice CT pulmonary angiography and CT venography. *Br J Radiol* 2004; 77: 39 - 45.
18. Stein PD, Fowler SE, Goodman LR, Gottschalk A, Hales CA, Hull RD, Lee per KV Jr, Popovich J Jr, Quinn DA, Sos TA, Sostman HD, Tapson VF, Wakefield TW, Weg JG, Woodard PK. Multidetector computed tomography for acute pulmonary embolism. *N Engl J Med* 2006; 354: 2317 - 2327.
19. Chung JW, Yoon CJ, Jung SI, et al. Acute iliofemoral deep vein thrombosis: evaluation of underlying anatomic abnormalities by spiral CT venography. *J Vasc Interv Radiol* 2004; 15: 249 - 256.
20. Uhl JF, Verdeille S, Martin-Bouyer Y. Three-dimensional spiral CT venography for the pre-operative assessment of varicose patients. *Vasa* 2003; 32: 91 - 94.



21. Willmann JK, Wildermuth S. Multidetector-row CT angiography of upper-and lower-extremity peripheral arteries. Eur Radiol 2005; 15 (S 4): 3 -9.

22. Kim H, Chung JW, Park JH, et al. Role of CT venography in the diagnosis and treatment of benign thoracic central venous obstruction. Korean J Radiol 2003; 4:146 - 152.



*Peer Reviewer Commentary*

**박 재 형 (서울의대 진단방사선과)**

본 논문은 최근 발전하고 있는 다중검출기 CT angiography를 임상에 사용하는데 대하여 Application technique과 임상적응증을 정리한 Review article로서 명료하게 잘 정리되었다.

**자율학습 2006. 12월호 (흡입 마취제와 간 기능의 관계) 정답**

1. ⑤

6. ①

2. ②

7. ②

3. ③

8. ①

4. ⑤

9. ⑤

5. ④

10. ⑤